

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ИМПУЛЬСНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

© 2016 Р. О. Лихачев, В. Б. Фурсов

Центрально-Черноземный государственный инженерный университет

Статья посвящена моделированию импульсно-фазовой системы управления с импульсной коррекцией. Приведены ее функциональная схема и виртуальная модель, а также схема корректирующего устройства. Показаны временные диаграммы работы корректирующего устройства и различные графики, поясняющие работу системы.

Ключевые слова: импульсно-фазовая система управления, синхронный двигатель с постоянными магнитами, импульсное корректирующее устройство.

Представление импульсно-фазовой системы регулирования скоростью синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) (рис. 1) в виде линеаризованной схемы (рис. 3) не дает сколько-нибудь приемлемого моделирования реальной системы [1]. Однако, возможности современных программ и компьютеров таковы, что позволяют достаточно точно, с подробностями, строить реалистичную математическую модель системы (рис. 2). Такая модель включает в себя все блоки функциональной схемы

рисунка 1 не в виде упрощенных функций, а в виде подмоделей с достаточно полным математическим описанием каждого устройства, реалистичными импульсными сигналами, проходящими через соответствующие устройства, включая энкодер, делитель, фазовый детектор, ШИМ и т. д. Фазовый детектор, например, сам состоит из логических элементов, которые, по своим характеристикам близки к реальной логике. Такая модель наиболее полно описывает данную систему регулирования.

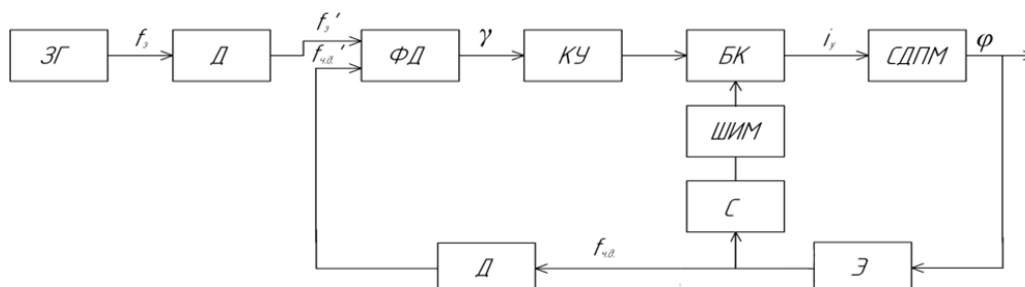


Рис. 1. Функциональная схема системы импульсно-фазового регулирования:
ЗГ – задающий генератор; ФД – фазовый детектор; КУ – корректирующее устройство;
СДПМ – синхронный двигатель с постоянными магнитами; Д – делитель частоты;
Э – энкодер; БК – блок коммутации; С – счетчик; ШИМ – широтно-импульсный модулятор.

Как известно, импульсно-фазовые системы относятся к астатическим системам регулирования по скорости [2], т. е. обеспечивают абсолютно точное поддержание заданной скорости, но склонны к качаниям

вблизи установившегося значения при неудачном сочетании параметров электродвигателя. Большинство импульсно-фазовых систем регулирования скоростью электродвигателя не могут работать без коррекции. В данном случае предлагается коррекция без преобразования импульсного сигнала в аналоговый – импульсная коррекция [3]. В свою очередь, импульсно-фазовые системы могут быть непрерывными и дискретными – фазо-

Лихачев Роман Олегович – Центрально-Черноземный государственный инженерный университет, магистрант, e-mail: roman@likhachevs.ru
Владимир Борисович Фурсов – Центрально-Черноземный государственный инженерный университет, к. т. н., доцент, e-mail: fvb273@inbox.ru

вый сдвиг может быть представлен непрерывным и цифровым – дискретным.

Аналоговое импульсное корректирующее устройство обеспечивает устойчивость привода в заданном диапазоне рабочих скоростей вращения. Хотя основная часть корректирующего устройства линейная, получить передаточную функцию корректирующего

этого устройства по линеаризованной схеме замещения, используя разработанные методы синтеза линейных систем, не удастся. Предложенная передаточная функция носит эвристический характер, но окончательная настройка корректирующего устройства осуществляется опытным путем.

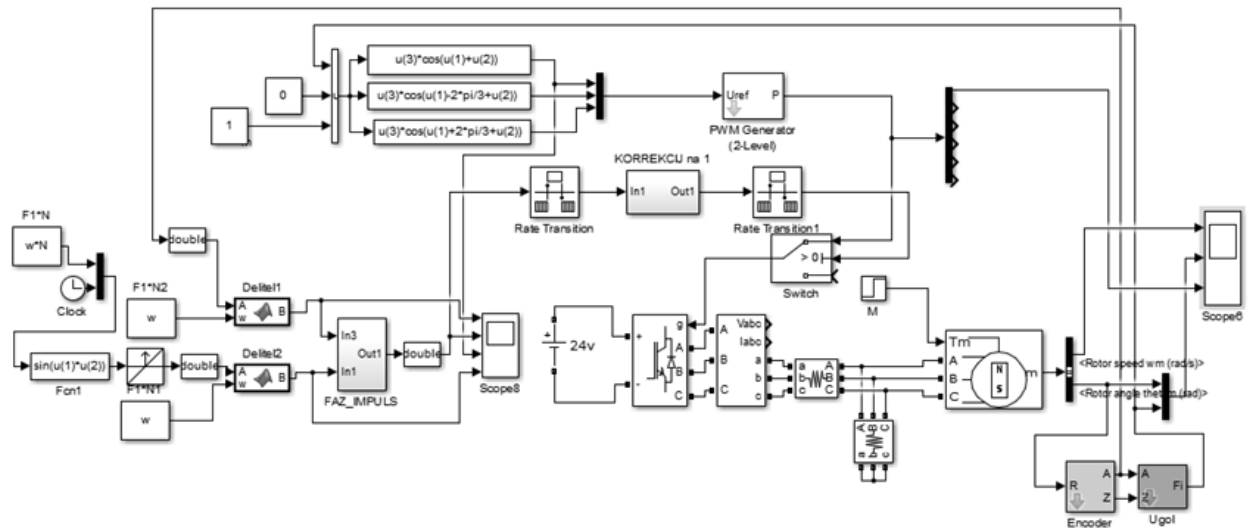


Рис. 2. Модель Matlab системы импульсно-фазового регулирования СДПМ

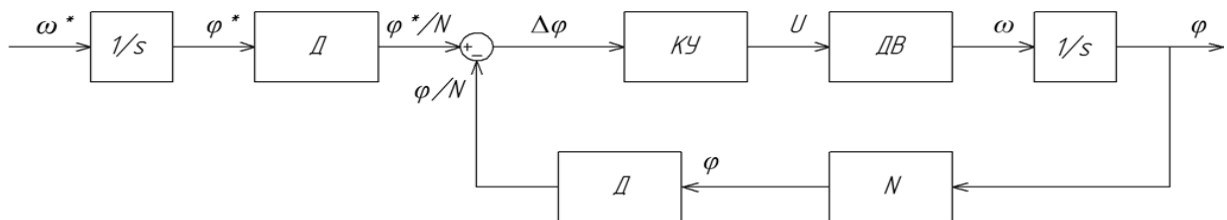


Рис. 3. Структурная схема линеаризованной системы: КУ – корректирующее устройство, ДВ – двигатель постоянного тока аналогичный СДПМ, N – усилитель (коэффициент усиления равен количеству меток энкодера), Д – делитель

В случае маломощных двигателей она принимает следующий вид:

$$W(p) = \frac{k \cdot (T_1 p + 1)}{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)} \quad (1)$$

Структурная схема и параметры аналогового корректирующего устройства приведены на рисунке 4. На рисунке 5 последовательности импульсов на входе корректирующего устройства, на входе релейного элемента и на выходе корректирующего

устройства. Это же корректирующее устройство можно представить в дискретной форме, соответствующей цифровой коррекции. Зависимость выходного сигнала от входного можно представить, например, в таком виде:

$$y = kx - kxaz^{-1} + (b + c)z^{-1}y - bcz^{-2}y \quad (2)$$

где z – переменная Z-преобразования.

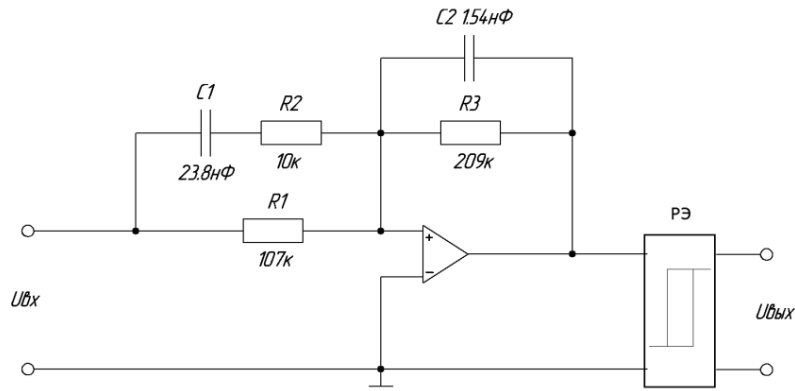


Рис. 4. Схема корректирующего устройства; РЭ – релейный элемент

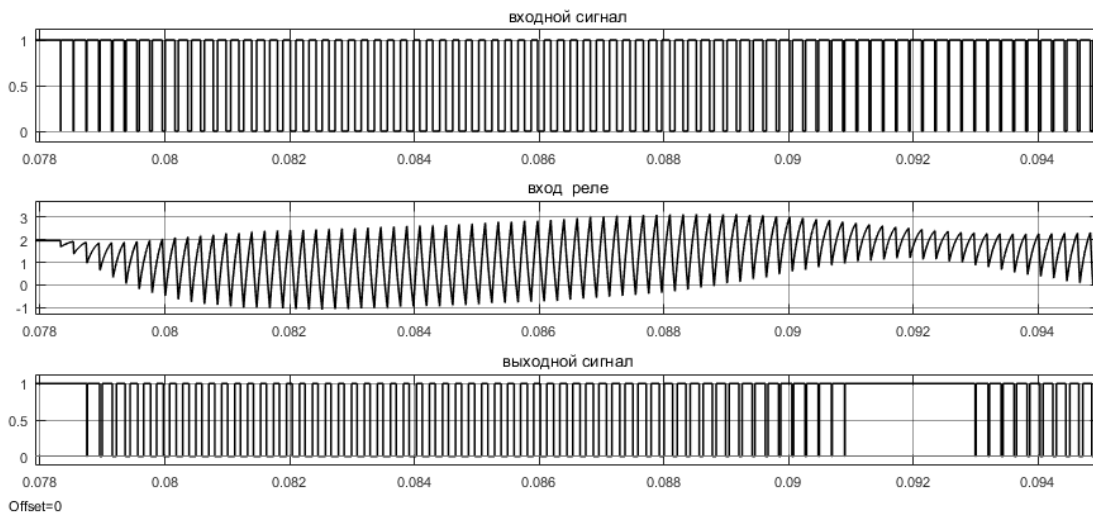


Рис. 5. Работа импульсного корректирующего устройства

На рисунке 6 приведены два графика сигналов на входе реле для непрерывного и дискретного представления сигналов.

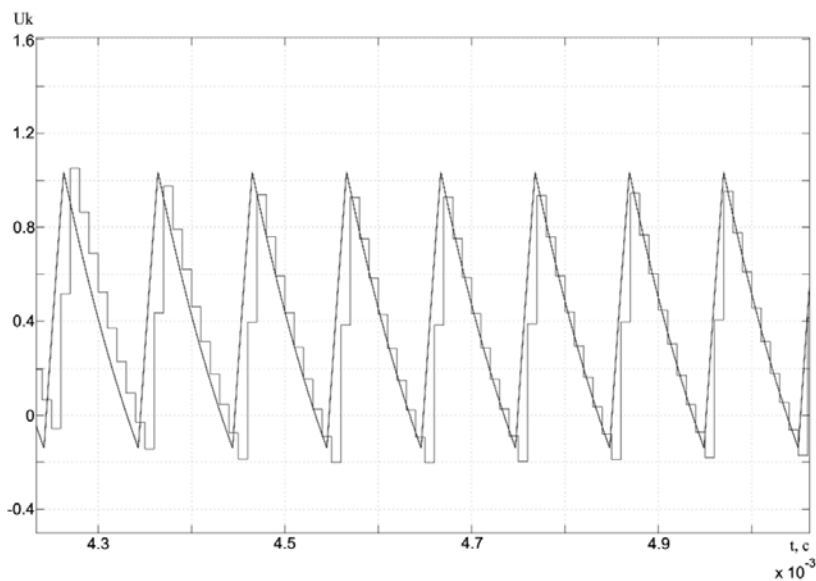


Рис. 6. Импульсы на входе реле корректирующего устройства; для цифрового устройства импульсы носят ступенчатый характер, шаг дискретизации 10 мкс.

Результаты моделирования

На рисунке 7 и 8 изображены процессы пуска двигателя с дискретной (цифровой) системой фазового регулирования при разных заданных скоростях в одном масштабе и влияние наброса нагрузки на скорость. Из

графиков видно, что система точно устанавливает заданную величину скорости, которая не зависит от нагрузки; увеличение нагрузки приводит к большей пульсации скорости относительно точного значения.

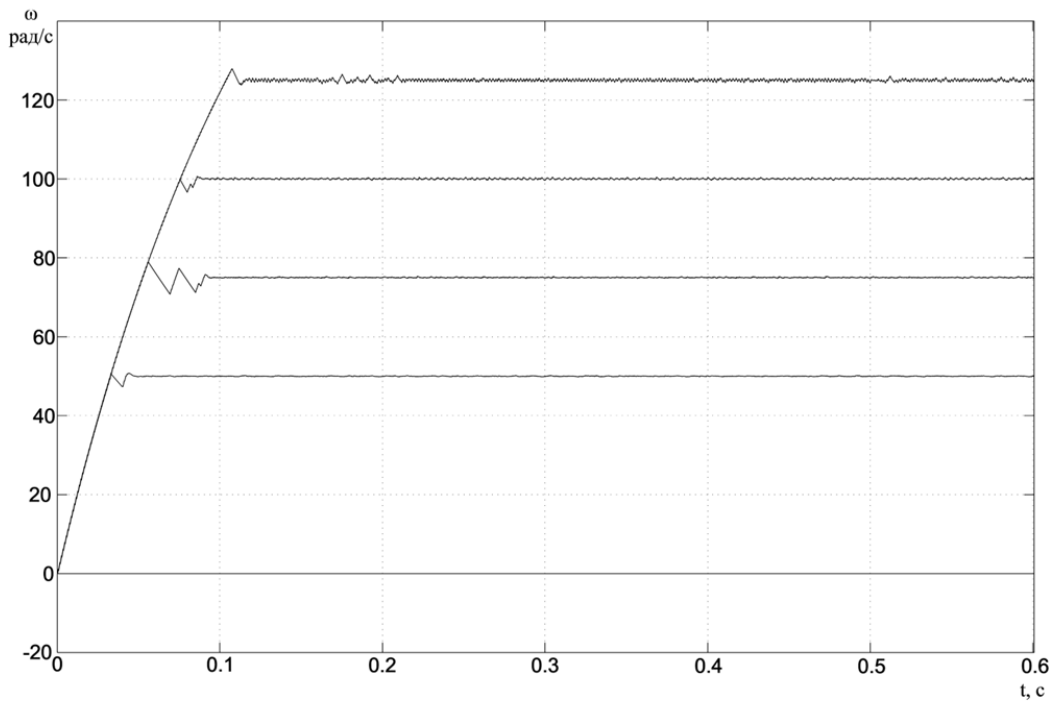


Рис. 7. Переходные процессы при пуске двигателя с разными скоростями

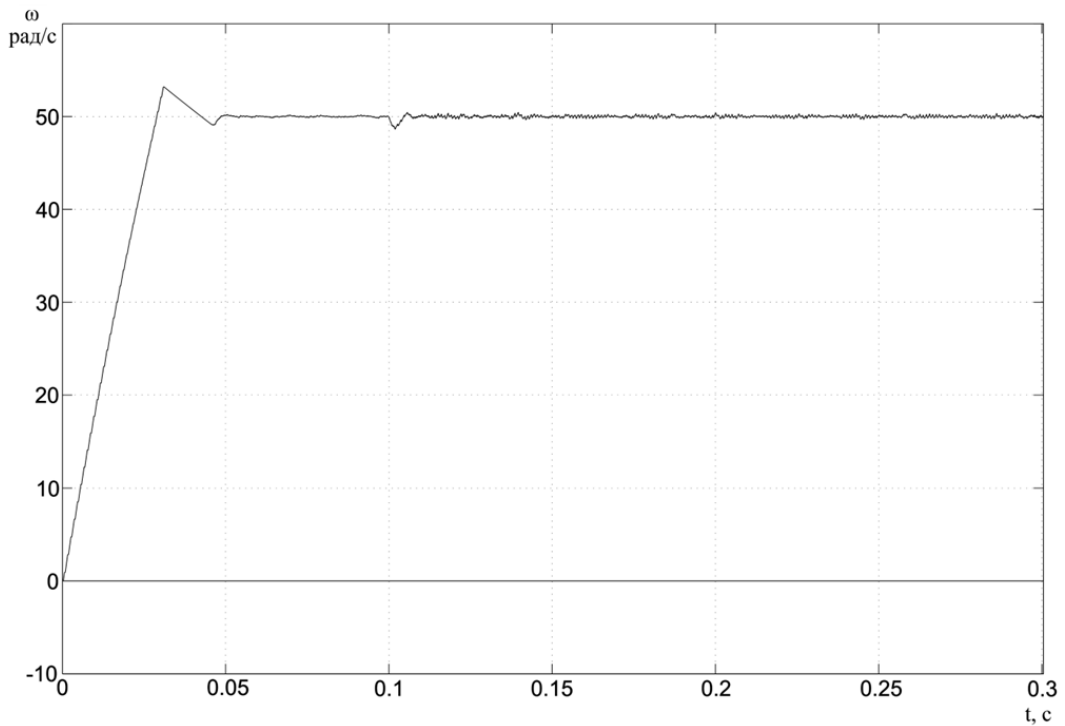


Рис. 8. Наброс нагрузки в момент $t = 0.1$ с

Выводы

1. Разумно точная виртуальная модель импульсно-фазовой системы управления с импульсной коррекцией доказала ее работоспособность.

2. Моделирование показало, что в данной системе импульсно-фазового управления отсутствует статическая ошибка по скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фалеев М. В. Особенности построения электроприводов с импульсной и цифровой фазовой синхронизацией /

М. В. Фалеев // «Вестник ИГЭУ». – Вып. 3. – 2009.

2. Трахтенберг Р. М. Импульсные астатические системы электропривода с дискретным управлением / Р. М. Трахтенберг. – М.: Энергоиздат, 1982. – 168 с.

3. Фурсов В. Б. Выбор параметров импульсных нелинейных корректирующих устройств в частотно-фазовых системах управления / В. Б. Фурсов, В. В. Ларионов – Изв. вузов «Электромеханика». – 1989. – № 5.

MODELING OF A PULSE-PHASE CONTROL SYSTEM WITH THE PULSE CORRECTION

© 2016 P. O. Likhachev, V. B. Fursov

Central Chernozem State Engineering University

The article is devoted to modeling of a pulse-phase control system with the pulse correction. Its functional schematic diagram and a virtual model, as well as a circuit diagram of the pulse correction device are proposed. Timing diagrams of the pulse correction device work and various graphs describing the work of the system are presented.

Key words: pulse-phase control system, a permanent magnet synchronous motor, a pulse correction device.